

補助事業番号 2021M-217
補助事業名 2021年度パーライト鋼のラメラ配向制御法の確立と超高強度-高延性化補助事業
補助事業者名 金沢大学 古賀 紀光

1 研究の概要

軟質なフェライト鉄と炭化鉄の層状(ラメラ)組織から成るパーライト鋼の層状組織の向き(ラメラ配向)の定量評価法を確立した。次いで、前加工処理によってパーライト鋼のラメラ配向が制御可能であることを見出した。ラメラ配向を制御したパーライト鋼では、無制御のパーライト鋼と比較して高い強度と伸びを示すことがわかった。これは、ラメラ配向制御によってパーライト鋼の機械的特性が改善可能であることを意味する。以上より、本事業を通して、パーライト鋼のラメラ配向制御による超高強度-高延性化の可能性を示すことが出来た。

2 研究の目的と背景

パーライト鋼は伸線加工を施すことでラメラ配向が一方向に揃い、超高強度を示す。一方で、伸線加工に伴い多量のひずみが導入されるために延性には乏しく、強度と延性のバランスは一般鋼と同程度である。そこで、加工を施すことなくラメラ配向を制御することが出来れば、超高強度かつ高延性のパーライト鋼が創製できる可能性がある。

本事業では、超高強度-高延性パーライト鋼の創製を最終目標として以下を実施した。

- (1) 3次元ラメラ配向の定量評価法の確立
- (2) 前加工処理のラメラ配向への影響の調査
- (3) ラメラ配向の異なる試料の引張特性の調査

3 研究内容

(研究成果 URL:

<https://materiallab.w3.kanazawa-u.ac.jp/research/>)

- (1) 3次元ラメラ配向の定量評価法の確立

ラメラ配向を二次元画像上でトレースする以外の解析工程を自動化することが出来た。図1に示すように1500個のコロニー(ラメラ配向)について解析が実施でき、その解析時間は1日半程度であった。通常の手作業による解析では1ヵ月程度かかることから大幅な時間効率の改善が行えた。以上から、パーライト鋼の3次元ラメラ配向を定量評価する手法が確立された。

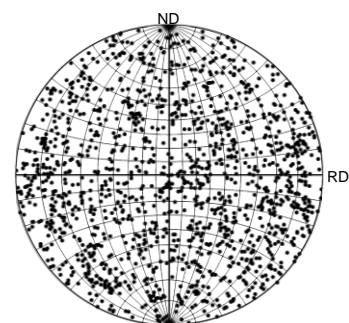


図1 ラメラ配向の極点図上での分布

- (2) 前加工処理のラメラ配向への影響の調査

伸線加工材を出発材としてパーライト鋼を作製した。

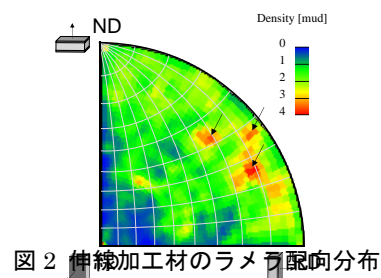


図2 伸線加工材のラメラ配向分布

その結果、無加工材ではラメラ配向がランダムに分布したのに対して、伸線加工材ではラメラ配向が一部に集積した。図2には伸線加工材のラメラ配向分布を示す。矢印の領域の密度が高くラメラ配向が集積していることがわかる。このようなラメラ配向の集積は、加工により形成する集合組織や残留応力が影響していることが示唆された。以上から、前加工処理がラメラ配向に影響を及ぼすことが明らかになった。

(3) ラメラ配向の異なる試料の引張特性の調査

図3に高温域で90%圧延後に冷却した試料と圧延加工を施さずに冷却した試料の応力-ひずみ曲線を示す。90%圧延材では、圧延軸に平行なラメラ配向が多く集積していた。図3から90%圧延材は、無加工材よりも著しく最大応力(強度)と伸びが大きいことがわかる。よって、ラメラ配向の集積によって、機械的特性が改善したといえる。

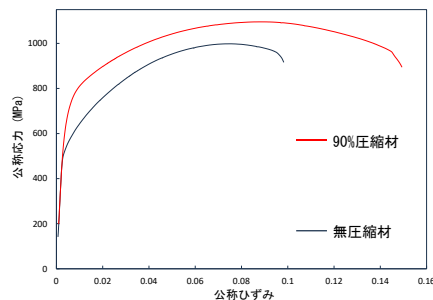


図3 応力-ひずみ曲線

以上からラメラ配向の制御により機械的特性が改善可能であることがわかった。

以上の成果からパーライト鋼の超高強度 - 高延性化の作製指針を示すことが出来た。今後、ラメラ配向を更に集積させる方法を開発することで更なる機械的特性の改善を目指す。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究成果の今後の将来展望として、超高強度-高延性パーライト鋼の創製による構造物の長大化や自動車の軽量化への応用の可能性が挙げられる。特に、自動車の軽量化は伸線パーライト鋼の強度と現用鋼の強度差は4倍程度あるため、その効果は著しく大きい。本成果をもとに超高強度-高延性パーライト鋼を創製できれば、自動車の軽量化によるCO₂排出削減を通して持続可能な社会の実現に貢献できる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

パーライト鋼の研究は、事業者が博士課程の学生時代から取り組んでいるテーマであり、特に本研究は、事業者が研究者人生を通して最も達成したい研究テーマである。研究内容で述べたように本事業を通して、パーライト鋼のラメラ配向の評価法やラメラ配向が機械的特性に影響を与えることなどが初めて明らかになった。本事業の実施は、事業者のパーライト鋼の研究を大きく進展させた価値の高い研究であったといえる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

学術論文 3報

- ・ Y. Yajima, N. Koga, C. Watanabe, Influential factors on the deformability of

colonies in pearlitic steel, *Materials Characterization*, Vol.177(2021) 111197.

<https://doi.org/10.1016/j.matchar.2021.111197>

・ N. Koga, M. Fujita, C. Watanabe, Visualization of microscopic-scale strain distributions in martensitic steel during tensile deformation by using digital image correlation method on replica films, *Materials Transactions*, Vol.62(2021) 1424-1427.

<https://doi.org/10.2320/matertrans.MT-M2021118>

・ N. Koga, Y. Yajima, C. Watanabe, Deformation and fracture behavior during tensile deformation in spheroidized pearlitic steel, *ISIJ International*, Vol.62(2022) 2025-2035.

<https://doi.org/10.2355/isi-jinternational.ISIJINT-2022-154>

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

なし。

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 金沢大学（カナザワダイガク）

住 所： 〒920-1192

石川県金沢市角間町

担 当 者： 役職名 准教授（ジュンキョウジュ）

担 当 部 署： 理工研究域 機械工学系

（リコウケンキュウイキ・キカイコウガクケイ）

E - m a i l : koga-norimitsu@se.kanazawa-u.ac.jp

U R L : <https://materiallab.w3.kanazawa-u.ac.jp/>